

**Wie wirken „Effektive Mikroorganismen“ auf EM-Bokashi in der Bananenproduktion (*Musa ssp.*)?****Is there an effect of 'effective microorganisms' on EM-Bokashi in banana (*Musa ssp.*) production?**B. Formowitz<sup>1</sup>, F. Elango<sup>2</sup>, S. Okumoto<sup>2</sup>, A. Buerkert<sup>1</sup>, T. Müller<sup>3</sup>**Key words:** effective microorganisms, Bokashi, compost, banana**Schlüsselwörter:** Effektive Mikroorganismen, Bokashi, Kompost, Banane**Abstract:**

*In Costa Rica, 'effective microorganisms' (EM) are used to produce organic fertiliser in the form of Bokashi. This study aimed at investigating the effects of EM addition on the decomposition of banana residues during Bokashi production in comparison to different non-EM control variants (Bokashi produced with: W= water, M= molasses as an EM additive, EMst= sterilized EM). Furthermore, the effects of the above mentioned Bokashi variants on the growth of young banana plants and their effects on the secondary root growth of adult banana plants were evaluated. In comparison to non-EM controls, no increasing effects of EM on the N-mineralization of banana material were observed. All nutrient concentrations were similar for all treatments as well as the weight loss of approximately 77.9 %. The ergosterol concentration was significantly highest in EM Bokashi ( $77 \mu\text{g g}^{-1}$  dry soil), whereas it was lowest in EMst ( $29 \mu\text{g g}^{-1}$  dry soil). Application of all Bokashi variants significantly increased shoot growth of young banana plants under greenhouse conditions compared to a control grown in unamended soil. EM Bokashi and Bokashi produced with molasses significantly decreased the number of root nematodes under greenhouse conditions if compared to the control (nematodes per 100 g: C = 254; W = 143; EMst = 143; M = 67; EM = 38). Furthermore, EM Bokashi increased secondary root growth of adult banana plants in the field (186.7 g) compared to non-composted fresh banana leaves (134.6 g) and a control without mulch application (147 g).*

**Einleitung und Zielsetzung:**

„Effektive Mikroorganismen“ (EM) ist der Name einer, vom Hersteller nicht näher spezifizierten Mischung natürlich vorkommender, „nützlicher“ Mikroorganismen. Dieses kommerziell vermarktete Produkt wurde in den frühen 80er Jahren von Professor T. Higa an der Ryukyus Universität in Okinawa, Japan, entwickelt. Die vier Hauptgruppen der EM-Stammlösung sind Milchsäurebakterien, Hefen, photosynthetische Bakterien und *Actinomycetes* sowie andere Organismengruppen (KYAN et al., 1999). Vermarktet wird das Produkt als mineralisations- und pflanzenwachstumsförderndes Mittel (HIGA und PARR, 1994), welches vielerorts in der Bokashi Produktion eingesetzt wird. Bei Bokashi handelt es sich um eine asiatische Form der Kompostierung und heißt übersetzt „fermentative Umsetzung“. Bislang mangelt es an wissenschaftlich anerkannter Literatur über die Wirkung der EM auf die Umsetzungsdynamik in Bokashi-Komposten und deren Anwendung. Diese Studie beschäftigte sich daher mit der Wirkung von EM auf den Abbau von Bananen-Ernterückständen bei der Bokashi-

---

<sup>1</sup> Fachgebiet ökologische Pflanzenproduktion und Agroökosystemforschung, Universität Kassel, Steinstr. 19, 37213 Witzenhausen, formowitz@uni-kassel.de

<sup>2</sup> EARTH Universität, Apartado 4442 – 1000, San Jose, Costa Rica, Zentralamerika

<sup>3</sup> Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung, Universität Kassel, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen

Produktion und –Anwendung, wie sie in Costa Rica praktiziert wird. Des Weiteren wurden die Effekte verschiedener Bokashi-Varianten auf das vegetative Wachstum junger und adulter Bananenpflanzen (*Musa ssp.*) untersucht.

### Methoden:

Auf einem überdachten und betonierten Untergrund wurden 20 aerobe Bokashi-Mieten, bestehend aus 120 kg zerkleinerten Bananenresten (Früchte und Fruchtstämme), in einer randomisierten Blockanlage angeordnet. Täglich fand die Applikation von zuvor durch 7-tägige Fermentation aktivierte EM (unter Zugabe von Melasse und Wasser im Verhältnis 1:1:30) statt sowie nicht-EM-Zusätzen, d.h. Wasser (W), sterilisierte EM (EMst) und Melasse (M), welche unter gleichen Bedingungen wie EM aktiviert wurden, jedoch ohne den Zusatz lebender effektiver Mikroorganismen. Es erfolgten tägliche Temperaturmessungen in der Mitte der Kompostmieten sowie Probenahmen an acht Terminen und deren Analysen auf Trockenmasse- und Nährstoffgehalte. Ergosterol, als ein Indikator für pilzliche Biomasse, wurde im Kompost nach DJAJAKIRANA et al. (1996) mit der reversed-phase HPLC gemessen. Die Ergosterol-Extraktion erfolgte aus 2 g feuchtem Kompostmaterial mittels 100 ml Ethanol auf einem Schwingschüttler bei  $250 \text{ min}^{-1}$ , anschließender Trocknung des Extrakts bei  $40^\circ\text{C}$  mittels Rotationsverdampfer und erneuter Lösung durch 9 ml Methanol (3x3 ml). In einem folgenden dreimonatigen Experiment erfolgte die Untersuchung des Wachstums von jungen Bananenpflanzen im Gewächshaus, welche in einem Bokashi-Boden-Gemisch kultiviert wurden. Dabei kamen die oben beschriebenen EM und nicht-EM Bokashi Varianten sowie eine Kontrollvariante ohne Kompostapplikation zum Einsatz. Als Messgrößen wurden die Pflanzen- und Wurzelgewichte erfasst und die Nährstoffgehalte der Blätter ermittelt.

Die Wirkung von EM-Bokashi als Mulchmaterial auf das sekundäre Wurzelwachstum von adulten Bananenpflanzen im Feld wurde an den genannten EM- und nicht-EM-Bokashi Varianten getestet. Ferner wurden zwei nicht-Bokashi-Behandlungen (Kontrolle ohne Mulchmaterial (K) und unkompostierte Bananenblätter (FB)) mitgeführt und dabei die Wurzelfrischgewichte aller Behandlungen in Mulch- und oberer Bodenschicht erfasst.

### Ergebnisse und Diskussion:

Die Temperaturen der EM-Bokashi-Mieten blieben während der zweiten Hälfte der Kompostierung deutlich niedriger als in allen anderen Mieten (Abb. 1).

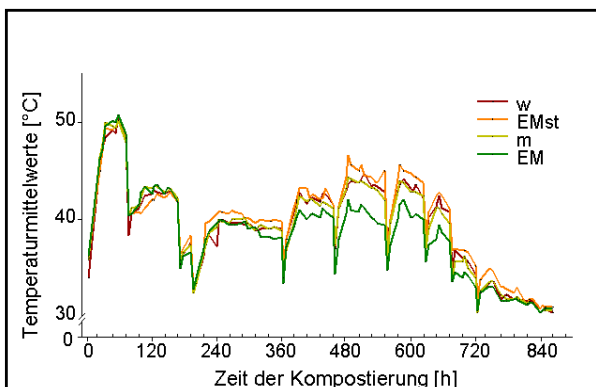


Abb. 1: Temperaturentwicklung in den vier verschiedenen Bokashi-Varianten, kompostiert über 5 Wochen. Temperaturmessungen erfolgten um 7 h, 11.30 h und 17 h. 120 h = 5 Tage. Die Tiefpunkte stellen je das Wenden der Mieten dar

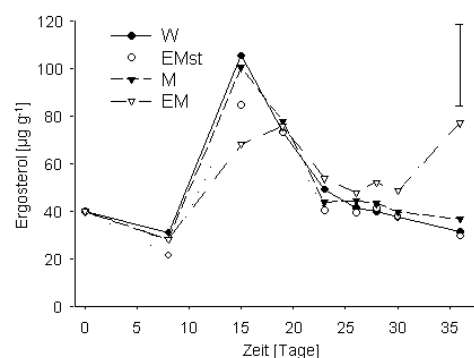
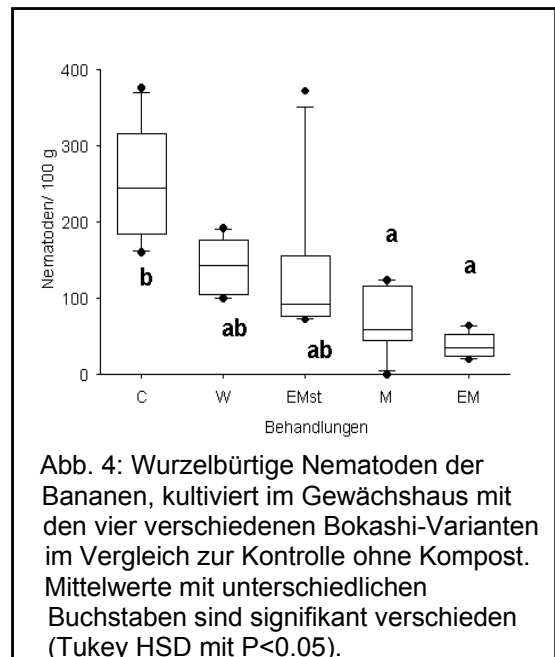
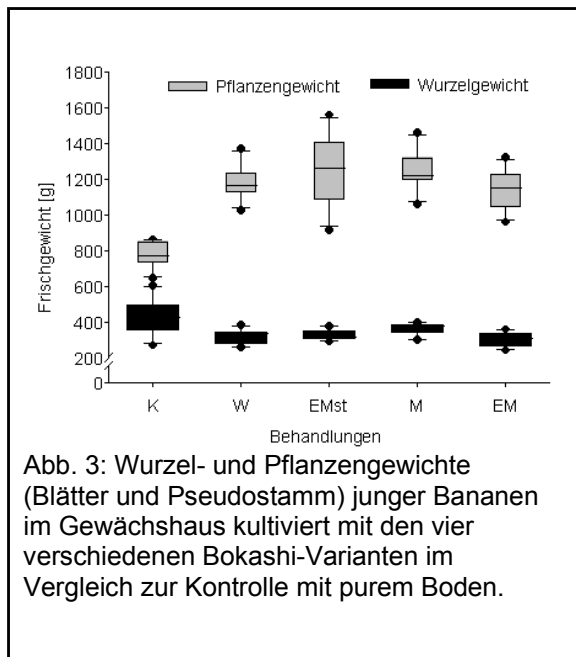


Abb. 2: Ergosterolkonzentrationen in den vier verschiedenen Bokashi-Varianten. Vertikale Balken zeigen signifikante Unterschiede (HSD mit  $P < 0.05$ ) zwischen beobachteten Mittelwerten an, wann immer signifikante Behandlungseffekte auftraten.

Signifikant höhere Ergosterol-Konzentrationen bei EM-Bokashi, im Vergleich zu allen anderen Behandlungen traten erst am letzten Messtermin auf (Abb. 2).

Bei Betrachtung der Temperaturentwicklung im Zusammenhang mit Veränderungen der Ergosterol-konzentrationen, scheinen Pilze vorzuherrschen, die bei termophilen (bis 75 °C) Temperaturen existieren können, jedoch mesophile (bis 40°C) Temperaturbereiche vorziehen. Das Pflanzenwachstum, die Wurzelmasse und die oberirdische Pflanzenmasse (Abb. 3), und die Nährstoffaufnahme wurden von allen Bokashi-Varianten gleichermaßen gefördert. Dieser Effekt kann durch erhöhte Nährstoffverfügbarkeit nach Bokashi-Applikation erklärt werden. Effekte lebender EM konnten hier nicht nachgewiesen werden. Das vermehrte Wurzelwachstum in der Kontrollvariante ist auf die geringere Nährstoffverfügbarkeit in dem unbehandelten Boden zurückzuführen.

Die Anzahl wurzelbürtiger Nematoden war signifikant niedriger in EM-Bokashi und Bokashi produziert mit Melasse verglichen zur Kontrollvariante ohne Kompost (Abb. 4). Dies könnte einerseits an den sterilisierend wirkenden Ausscheidungen von Milchsäurebakterien liegen, die suppressive Wirkungen gegenüber schädlichen Mikroorganismen, z.B. *Fusarium* ssp., und Nematoden zeigen (KYAN et al., 1999) und andererseits an einem stark gesenkten pH-Wert nach EM-Applikation (HUSSAIN et al., 2000). Dagegen spricht der Effekt in der Melasse Variante ohne EM-Zusatz. Nematoden kontrollierende Effekte können ebenfalls von der chemischen Zusammensetzung der organischen Zusatzstoffe herrühren sowie von der Zusammensetzung der Mikroorganismenpopulation, die sich während der Zersetzung im Kompost ansiedelt (RODRIGUEZ-KABANA et al., 1987 zit. in AKTHAR und MAHMOOD, 1996). Zusätzlich könnten die organischen Zusatzstoffe eine direkte toxische und somit suppressive Wirkung auf Nematoden haben (AKTHAR und ALAM, 1993 zit. in AKTHAR und MAHMOOD, 1996). Möglicherweise kommen Zygomyceten und/oder Hyphomyceten in der zusätzlichen, unbekanntem EM- Stammlösung vor, welche beide aktiv Nematoden und Bodenamöben mit ‚Hyphen-Schlingen‘ fangen (HAWKER und LINTON, 1971).



Auch wenn die Unterschiede im Vergleich zu den nicht-EM-Varianten (104,6 – 150,6 g) nicht signifikant erhöht waren, bewirkte EM-Bokashi als Mulchmaterial das stärkste

sekundäre Wurzelwachstum adulter Bananen im Feld (186,7 g). Dies könnte an speziellen, wurzelwachstumsfördernden Hormonen liegen, die von den Mikroorganismen in der EM-Lösung produziert werden (IN-HO und JI-HWAN, 2003), was jedoch im einzelnen noch untersucht werden müsste.

### **Schlussfolgerungen:**

Unter den Versuchsbedingungen dieser Studie (EM Applikationsraten, Wendefrequenz der Kompostmieten) spielten die Effekte von EM auf die Zersetzungsdynamik während der Bokashi-Produktion und die Wirkung von EM-Bokashi auf das Wachstum junger und adulter Bananen nur eine untergeordnete Rolle. Die hier erzielten Ergebnisse stehen im Kontrast zu Daten, die oftmals nur in nicht-wissenschaftlich anerkannter Literatur veröffentlicht wurden und von einer stärkeren Wirkung der EM, speziell über N-Mineralisation, berichten.

Weitere Untersuchungen sind nötig mit veränderten Kompostierungsbedingungen, wie höhere Applikationsraten bei der Bokashiproduktion und optimierten Wachstumsbedingungen der Bananen, um die Ergebnisse dieser Studie zu prüfen.

### **Danksagung:**

Wir bedanken uns bei der EARTH Universität, Costa Rica, und der Dole Company für die finanzielle und fachliche Unterstützung dieser Arbeit.

### **Literaturverzeichnis:**

Akhtar M, Alam M M (1993) Utilization of waste materials in nematode control: A review. *Bioresource Technol.*, 45; p.1-7. In Akhtar M and Mahmood I (1996): Control of plant-parasitic nematodes with organic and inorganic amendments in agricultural soil. *Applied Soil Ecology*. Elsevier Science B.V.

Djajakirana G, Joergensen R G, Meyer B (1996) Ergosterol and microbial biomass relationship in soil. *Biol. Fertil. Soils*, 22, 299-304.

Higa T, Parr J F (1994) Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment. INFRC (International Nature Farming Research Center, Atami, Japan).

Hussain T, Jilani G, Haq M.A, Anjum S, Zia M H (2000) Effect of EM application on soil properties. In Alföldi T, Lockeretz W, Niggli U (eds.): IFOAM 2000 – The World Grows Organic. Proceedings of the 13<sup>th</sup> International IFOAM Scientific Conference, Basel. Aug 28<sup>th</sup> to 31<sup>st</sup>, 2000; p. 267.

Kyan T, Shintani M, Kanda S, Sakurai M, Ohashi H, Fujisawa A, Pongdit S (1999) *Kyusei Nature Farming and The Technology of Effective Microorganisms, Guidelines for practical use*. Ed. Sangakkara R, APNAN (Asia Pacific Natural Agriculture Network, Bangkok, Thailand), INFRC (International Nature Farming Research Center, Atami, Japan).

Rodriguez-Kabana R, Morgan-Jones G, Chft I (1987) Biological control of nematodes: Soil amendments and microbial antagonists. *Plant Soil*, 100; p. 237 – 247. In Akhtar M and Mahmood I (1996): Control of plant-parasitic nematodes with organic and inorganic amendments in agricultural soil. *Applied Soil Ecology*. Elsevier Science B.V.